



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11217296 A**(43) Date of publication of application: **10.08.99**

(51) Int. Cl.

**C30B 29/06**  
**C30B 33/02**  
**H01L 21/02**  
**H01L 21/208**  
**H01L 21/66**

(21) Application number: **10015530**(22) Date of filing: **28.01.98**(71) Applicant: **SUMITOMO METAL IND LTD**

(72) Inventor: **OKUI MASAHIKO**  
**EGASHIRA KAZUYUKI**  
**TANAKA TADAMI**  
**KURAGAKI SHUNJI**

**(54) HIGH-QUALITY SILICON SINGLE CRYSTAL WAFER**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enlarge a zone free from Grown-in defect in a wafer face, having the outer diameter of the occurrence region of a Ring-shaped Oxidation induced Stacking Fault(R-OSF) in a specific region, by eliminating a dislocation cluster defect.

**SOLUTION:** A crystal in an As-grown state is longitudinally divided, coated with Cu, heat-treated at 900° C for 20 minutes, each defect region is actualized and the crystal is photographed by X-ray topograph

photography. By the photography, the width and the defect-free region of R-OSF are greatly enlarged and the outer diameter of the R-OSF occurrence region is included in the range of 0-80% the diameter of the crystal. No dislocation cluster occurs since the outside region of R-OSF is similarly widened even if R-OSF occurs in the crystal plane. Further no dislocation cluster is formed when R-OSF vanishes in the crystal plane. Namely the occurrence of Grown-in defect can be suppressed by controlling the occurrence position of the outer diameter or inner diameter of R-OSF without depending upon the width of R-OSP.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-217296

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
C 3 0 B	29/06	C 3 0 B	29/06 A
	33/02		33/02
H 0 1 L	21/02	H 0 1 L	21/02 B
	21/208		21/208 P
	21/66		21/66 N
審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 14 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-15530

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月28日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 奥井 正彦

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

(72) 発明者 江頭 和幸

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地住

友シチックス株式会社内

(72) 発明者 田中 忠美

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地住

友シチックス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 押田 良久 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高品質シリコン単結晶ウェーハ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 R-OSF (リング状の酸化誘起積層欠陥) の発生状況に拘わらず、面内をGrown-in欠陥のない領域にできるので、デバイス特性に優れた半導体材料を供給する。

【解決手段】 CZ法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハを900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、R-OSFの発生領域の外径、または酸素析出促進領域の内径が育成された結晶の直径の0~80%の範囲に含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 チョクラルスキー法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸化誘起積層欠陥の発生領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【請求項2】 チョクラルスキー法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸素析出促進領域の内径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【請求項3】 チョクラルスキー法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハを熱処理炉内に650℃で投入して、投入後5℃/minで昇温して900℃×20時間で熱処理し、次いで10℃/minで昇温して1000℃×10時間で熱処理を行い、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸素析出量が小さい領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつAs-grown状態のウェーハに900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【請求項4】 転位クラスター欠陥の観察に際し、As-grown状態のウェーハにCuデコレーション熱処理を行なってX線トポグラフにて観察するのに代えて、As-grown状態のウェーハにセコエッチングを行ない、光学顕微鏡を用いて欠陥観察を行うことを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれかに記載の高品質シリコン単結晶ウェーハ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体材料として使用されるシリコン単結晶ウェーハに関し、さらに詳しくは、チョコラルスキー法（以下、CZ法という）によって育成された高品質シリコン単結晶ウェーハに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体材料に用いられるシリコン単結晶を成長させるには種々の方法があるが、なかでもCZ法が広く採用されている育成方法である。

【0003】 図1は、通常のCZ法による単結晶の育成に用いられている単結晶育成装置の模式的断面図である。図1に示すように、ルツボ1は有底円筒状の石英製の内層保持容器1aと、この内層保持容器1aの外側に嵌合

された同じく有底円筒状の黒鉛製の外層保持容器1bとから構成されている。このような構成からなるルツボ1は、所定の速度で回転する支持軸1cに支持され、ルツボ1の外側にはヒーター2が同心円筒状に配設されている。このルツボ1の内部には、前記ヒーター2の加熱によって溶融された原料の溶融液3が充填されており、ルツボ1の中心には引上げ棒あるいはワイヤー等からなる引上げ軸4が配設されている。この引上げ軸4の先にはシードチャックおよび種結晶5が取り付けられており、単結晶6を育成するため、この種結晶5を溶融液3の表面に接触させる。さらに引上げ軸4を、支持軸1cによって回転されるルツボ1と反対方向に所定の速度で回転させながら種結晶5を引き上げることによって、種結晶5の先端に溶融液3を凝固させて単結晶6を成長させていく。

【0004】 単結晶の育成に際し、最初に結晶を無転位化するために、シード絞りを行う。その後、単結晶のボディ直径を確保するため、ショルダーを形成しボディ直径になったところで肩変えを行ない、ボディ直径を一定にして単結晶本体の育成へ移行する。ボディ直径で所定長さの単結晶を育成すると、無転位の状態で単結晶を溶融液から切り離すためティル絞りを行なう。そののち、溶融液から切り離された単結晶は育成装置外に取り出され、所定の条件で冷却されて、ウェーハに加工される。このように単結晶から加工されたウェーハは、種々のデバイスの基板材料として用いられる。

【0005】 上記の工程で加工されたウェーハの面内には、単結晶の引上げ条件によって、リング状の酸化誘起積層欠陥（以下、R-OSF(Oxidation induced Stacking Fault)という）が発生する場合がある。また、同時にウェーハの面内にはGrown-in欠陥と呼ばれる単結晶の育成時に形成され、育成後に結晶を評価した場合に検出される結晶欠陥が存在する。

【0006】 図2は、単結晶育成時の引上げ速度と結晶欠陥の発生位置との一般的な関係を模式的に説明した図である。同図に示すように、CZ法によって育成されるシリコン単結晶では引上げ速度を小さくしていくと、R-OSFが現われる領域が結晶の外周側から内側に収縮していく。したがって、高速で単結晶を育成するとR-OSFの内側領域の結晶がウェーハ全体に広がることになり、低速で育成するとR-OSFの外側領域の結晶がウェーハ全体に広がる。

【0007】 高速で育成された結晶と低速で育成された結晶とでは、ウェーハ面で観察されるGrown-in欠陥が相違する。高速で育成された結晶の場合、すなわち、R-OSFの内側領域では赤外散乱体（評価法は異なるが同じ欠陥種としてCOP、FPDを含む場合もある）が検出されるのに対し、低速で育成された結晶の場合、すなわち、R-OSFの外側領域では転位クラスターと呼ばれる欠陥が検出される。そして、図2に示すように、R-OSFのすぐ外側に

は酸素析出が大きく生ずる領域が存在し、この領域を酸素析出促進領域と呼ぶ。

【0008】上記図2で示す結晶欠陥のうち、R-OSFの内側領域で検出される赤外散乱体はウェーハの初期の酸化膜耐圧特性の劣化因子であり、一方、R-OSFの外側領域で検出される転位クラスターもデバイス特性を劣化させる因子である。ところで、R-OSFのリング部をウェーハ面内に発生させると、結晶面内には赤外散乱体と転位クラスターがともに現れることになるが、R-OSFに近接する内側領域には赤外散乱体が観察されない領域があるとともに、R-OSFおよび酸素析出促進領域に近接する外側領域にはGrown-in欠陥が検出されない無欠陥領域が存在する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ウェーハに発生する酸化誘起積層欠陥（以下、OSFという）は酸化熱処理時に生ずる格子間型の転位ループであるが、デバイスの活性領域であるウェーハ表面に生成し、成長した場合にはリーク電流の原因となり、デバイス特性を劣化させる欠陥となる。このため、単結晶を育成する際には、ウェーハ面内に発生するR-OSFの位置を制御している。

【0010】通常、ウェーハ面内でのR-OSFの発生を抑制するため、R-OSFの発生領域をウェーハの外周部に限定する引上げ条件で単結晶を育成している。ところが、R-OSFの発生領域は、引上げ速度の他に、単結晶育成時の最高温部（融点～1250℃）の温度領域で決定され、引上げ時の最高温部での熱履歴に影響されることが確認されている。そのため、R-OSFの発生領域を決定するには、育成される単結晶の引上げ軸方向の最高温部での温度勾配と引上げ速度に留意しなければならない。すなわち、引上げ速度が同一であれば温度勾配を小さくすること、または温度勾配が同一であれば引上げ速度を速くすることが、R-OSFの発生領域をウェーハの外周部に限定することができる。

【0011】ウェーハ面内に発生するR-OSFの位置やその幅を確認するには、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフによって欠陥分布を観察するのが効果的である。また、結晶が低酸素濃度である場合、例えば $13 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である場合に、R-OSFの位置やその幅を確認するには、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハを熱処理炉内に650℃で投入して、投入後5℃/minで昇温して900℃×20時間で熱処理し、次いで10℃/minで昇温して1000℃×10時間で熱処理を行い、X線トポグラフにて観察すればよい。しかし、結晶が低酸素濃度である場合には、R-OSFは明確に現れないので、リング状の酸素析出量が小さい領域を調べることによって、R-OSFの位置や幅を確認することができる。また、同様の方法によって、R-OSFのすぐ外側に存在する酸素析出促進領域の

位置を確認することができる。

【0012】最近、デバイス工程の低温化や育成される単結晶の低酸素化にともない、R-OSFによるデバイスへの悪影響が抑えられ、酸化誘起積層欠陥に起因するデバイス特性の劣化はさほど問題にならなくなった。一方、Grown-in欠陥のうち赤外散乱体、転位クラスターはともにデバイス特性を劣化させる因子であるから、これらのGrown-in欠陥のウェーハ面内での密度を低減させることがより重要になる。Grown-in欠陥の密度の低い領域は前述のR-OSFに近接する無欠陥領域が相当するが、その領域は限定されており、非常に狭い領域に限られている。

【0013】従来から、Grown-in欠陥のウェーハ面内での密度を低減させるため、種々の方法が提案されている。例えば、特開平8-330316号公報では、単結晶育成時の引上げ速度と結晶内の温度勾配を制御して、転位クラスターを生成させることなく、R-OSFの外側領域のみを結晶全面に拡げる方法が提案されている。しかし、提案の方法では極めて限定された面内の温度勾配と引上げ条件が同時に要求されるので、今後、一層大口径化し、大量生産を要求されるシリコン単結晶の育成において、新たな改善が要求される。

【0014】次に、特開平7-257991号公報および Journal of Crystal Growth 151、(1995) 273～277頁では、単結晶の引上げ軸方向の温度勾配を大きくすることにより、高速引上げ条件でR-OSFを結晶の内側に消滅させることができ、R-OSFの外側領域を結晶全面に生成させる方法が開示されている。しかし、これらで開示された方法では、結晶面内での温度勾配の分布、すなわち、ウェーハ面内における温度分布の均一性や取り込まれる点欠陥の面内での均一化に対する配慮がなされていない。言い換えると、ウェーハ面内におけるGrown-in欠陥を低減化する手段について考慮されておらず、単にR-OSFを内側に収縮させたとしても、ウェーハ面に転位クラスターが観察されるのは従来の結晶と同様である。したがって、開示された方法によっても、Grown-in欠陥の低密度化に対応したウェーハを加工することができない。

【0015】最後に、特願平9-229716号公報では、R-OSFに対応するリング状の欠陥発生領域の位置を規定し、そのリング状の欠陥発生領域やそれに近接する内側および外側のGrown-in欠陥のない領域をウェーハ面内に拡大して、赤外散乱体や転位クラスターの密度を極めて小さくしたウェーハについて提案されている。提案されたウェーハに関しても、リング状の欠陥発生領域の位置の規定方法について、さらに改善を加える必要が生じてきた。

【0016】本発明は、上述した従来の結晶欠陥に関する問題に鑑みてなされたものであり、R-OSFの発生幅に拘ることなく、また結晶が低酸素濃度であってR-OSFが明確に現れない場合であっても、R-OSFの発生位置を制御して、ウェーハ面内にGrown-in欠陥である赤外散乱体や転位クラスターのない領域を拡大できる。しかも育成

に際し大口径化、長尺化が図れる高品質シリコン単結晶ウェーハを提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記の課題を解決するため、従来の条件で育成された単結晶ウェーハでのR-OSFの発生位置とその幅に対する転位クラスターの発生状況を調査した。このとき、ウェーハ面内におけるR-OSFの発生位置を明確にするため、結晶（ウェーハ）の中心から外周までの距離（半径）をRとし、結晶の半径方向のR-OSFの発生位置をrとして、結晶の中心に発生する場合を $r=0$ で示し、結晶の外周に発生する場合を $r=R$ で示すこととした。ただし、R-OSFの発生位置は、特に規定しない限りその内径位置で示すこととする。

【0018】図3は、従来の育成条件で育成された8"φの結晶における、R-OSFが発生する半径方向の位置およびR-OSFの幅と転位クラスターの発生状況との関係を模式的に示す図である（横軸のR-OSFの幅は%で示す）。概ね、従来の育成条件で育成された結晶ではR-OSFの幅はその半径の8%以下となる。そして、図3では、R-OSFの幅が育成された結晶の半径の8%で、R-OSFの発生位置が $r=2/3R$ のときには、R-OSFの外側領域には転位クラスターが観察されることを示している。さらに、図3は、R-OSFの幅が細くなるほど、転位クラスターが観察され易くなることを示している。

【0019】育成された結晶のR-OSFの幅が半径の8%以下の場合に、R-OSFの発生位置を中心側に収縮させることによって、R-OSFの内側領域の赤外散乱体の密度を小さくすることができる。このため、酸化膜の初期耐圧特性(TZDB)を向上させることができるが、R-OSFの外側領域に発生する転位クラスターによって特性劣化が生じるので、デバイス基板材料としては好ましくない。しかし、R-OSFの発生位置が結晶面内であっても転位クラスターが生成されなければ、R-OSFの内側領域の赤外散乱体の密度を小さくすることができ、R-OSFの外側領域の面積が大きくなるため、酸化膜の初期耐圧特性(TZDB)は向上することになる。

【0020】そこで、本発明者らは、さらに引上げ条件を改善して育成された単結晶ウェーハにおける、R-OSFの発生位置とその幅と転位クラスターの発生状況について検討した結果、R-OSFの幅を大きくすることによって、転位クラスターが発生しない領域も拡大できることを知見した。例えば、R-OSFの幅が結晶直径の30%になると、R-OSFの発生位置に拘わらず、転位クラスターが発生しないことがわかる。

【0021】さらに、R-OSFの幅が大きくなると、R-OSFの発生位置によって、R-OSFの内側領域で観察されるFPDが無くなる。このように、R-OSFの幅が大きくなれば、転位クラスターが発生することなく、かつR-OSFの内側領域の赤外散乱体の密度を極めて少なくすることができ

る。

【0022】したがって、従来の結晶に比べて、R-OSFの発生位置がウェーハ面内の中心側にあるが、R-OSFの幅が大きくなっているため、無欠陥領域が拡大してR-OSFの外側領域には転位クラスターが存在せず、かつR-OSFの内側領域でも赤外散乱体が観察されなくなる。このように、ウェーハ面内で全領域でデバイス特性を劣化させるGrown-in欠陥の発生を抑えることができるので、デバイスの良品率が大きく向上させることができる。

10 【0023】このような観点から、本発明者らは、先に「結晶面内に現れるR-OSFの幅が育成された結晶の半径の8%を超えて、転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶」に関して出願している（特願平9-229716号およびこれを基礎とする特願平9-358833号）。以下の説明において、先に出願した「高品質シリコン単結晶」を、「先発明のシリコン単結晶」という。

20 【0024】本発明者らは、その後の検討において、単結晶の育成途中で引上げ速度を変更して、結晶の各部位の熱履歴を変更した場合の結晶面内に現れるR-OSFの挙動を評価した。

30 【0025】図4は、単結晶の育成途中で引上げ速度を変化させた場合の引上げ速度の変更パターンを示した図である。同図に示すように、結晶Aでは、当初の引上げ速度を0.7mm/minとして、R-OSFの発生位置が $r=1/2R$ になるように設定し、単結晶長さ500mmまで育成する。次いで、引上げ速度を1.2mm/minまで上昇させて、単結晶長さ550mmまで育成し、その後再び0.7mm/minまで引上げ速度を下降させ、単結晶長さ850mmでテイル絞りするまで引上げ速度0.7mm/minで育成する。一方、結晶Bでは、当初の引上げ速度を0.7mm/minとして、R-OSFの発生位置が $r=1/2R$ になるように設定し、単結晶長さ500mmまで育成する。次いで、引上げ速度を0.2mm/minまで降下させて、単結晶長さ550mmまで育成し、その後再び0.7mm/minまで引上げ速度を上昇させ、単結晶長さ850mmでテイル絞りするまで引上げ速度0.7mm/minで育成する。

40 【0026】図5は、育成途中で引上げ速度を変化させた結晶A、Bにおける熱履歴を示す図である。図5から明らかなように、結晶Aでは、単結晶長さが500mm以下にある部位（図5では単結晶長さ350mmの位置）では、特定の温度領域（図5では980℃～900℃の範囲）において引上げ速度が0.7mm/min一定で育成された結晶に比べて急冷になっている。これに対し、結晶Bでは、単結晶長さ500mm以下にある部位では、特定の温度領域において、引上げ速度が0.7mm/minの定速で育成した結晶に比べて徐冷になっている。

50 【0027】上記の熱履歴の調査において、結晶A、Bの所定の温度領域として高温部(1100℃～1000℃)および中温部(980℃～900℃)を選択して、定速冷却、急冷、徐冷に対応したR-OSFの挙動を調査した。その結果、定速

冷却においては結晶面内に一定幅のR-OSFは発生した。これに対し、結晶Aでは、高温部(1100℃～1000℃)で急冷になった部位では、定速冷却に比べ、幅の広いリングが発生したが、中温部(980℃～900℃)で急冷になった部位ではR-OSFは出現しなかった。一方、結晶Bでは、高温部(1100℃～1000℃)で徐冷になった部位ではR-OSFは出現せず、中温部(980℃～900℃)で徐冷になった部位では、定速冷却に比べ、幅の広いリングが発生した。したがって、高温部や中温部の熱履歴が異なることによってR-OSFの幅が変動し、結晶A、Bに発生したR-OSFの幅は全く逆の挙動を示す。

【0028】上記の挙動に関して明確な理論付は未だできないが、このような挙動は、ウェーハの面内に発生するR-OSFの発生幅が単結晶の高温部や中温部における熱履歴に依存することを示している。さらに、単結晶の低酸素化ともなっており、R-OSFは明確に現れない場合があることは、前述の通りである。そうであれば、先発明のシリコン単結晶のように、結晶面内に現れるR-OSFの発生幅のみで特徴を規定するのは充分でない場合がある。

【0029】本発明は、上記の見識に基づいて提案されたものであり、下記(1)～(3)の高品質シリコン単結晶ウェーハを、以下の説明において、「本発明のシリコン単結晶ウェーハ」という。

【0030】(1)CZ法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、R-OSFの発生領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【0031】(2)CZ法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、酸素析出促進領域の内径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【0032】(3)CZ法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハを熱処理炉内に650℃で投入して、投入後5℃/minで昇温して900℃×20時間で熱処理し、次いで10℃/minで昇温して1000℃×10時間で熱処理を行い、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸素析出量が小さい領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつAs-grown状態のウェーハに900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、転位クラスター欠陥がない

いことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【0033】上記(1)～(3)の高品質シリコン単結晶ウェーハにおいて、転位クラスター欠陥の観察に際し、As-grown状態のウェーハにCuデコレーション熱処理を行なってX線トポグラフにて観察するのに代えて、As-grown状態のウェーハにセコエッチングを行ない、光学顕微鏡を用いて欠陥観察を行うことも可能である。

【0034】本発明のシリコン単結晶ウェーハにおいて、X線トポグラフにて観察した場合にR-OSFの発生領域の外径、または酸素析出促進領域の内径を発生位置の基準にしているのは、ウェーハの面内に発生するR-OSFの発生幅が単結晶の高温部や中温部における熱履歴に依存するので、これらの要因を排除して、R-OSFの発生位置を制御するためである。また、リング状の酸素析出量が小さい領域の外径を基準としているのは、単結晶の低酸素化ともなっておりR-OSFは明確に現れない場合を考慮したためである。

【0035】さらに、R-OSFの発生位置を育成された結晶の直径の0～80%の範囲に規定しているのは、この範囲内であれば、Grown-in欠陥を極端に減少させ、あるいは無くすることができるからである。

【0036】

【発明の実施の形態】デバイス特性に優れた高品質シリコン単結晶を製造するには、CZ法による育成の際に結晶の面内に取り込まれる点欠陥の濃度をその面内で均一にすることが重要である。結晶中の点欠陥は空孔と格子間Si原子に分類されるが、特にR-OSFの生成には空孔との関連が強く、面内に生成するR-OSFの位置および幅はある限られた範囲の空孔濃度の部位および領域と一致する。

【0037】通常、単結晶の育成時には、結晶の面内での引上げ軸方向での温度勾配が異なっている。具体的には、結晶の外周部になるほど速く低温になるので、外周部ほど温度勾配が大きくなる。その場合に、結晶中に取り込まれた空孔は温度勾配が大きくなると、引上げ軸方向の固液界面側に拡散して消滅する量が大きくなり、結晶中に取り込まれたままの空孔濃度が著しく少なくなる。その結果、引上げ軸方向での温度勾配が異なると、結晶面内に取り込まれる空孔の濃度は均一にならず、結晶の外周部になるに従ってその濃度が低下する。したがって、結晶の面内の引上げ軸方向での温度勾配を均一にすることによって、面内の空孔濃度を均一にすることができる。

【0038】図6は、結晶の面内に取り込まれた空孔の濃度分布と生成されるR-OSFの幅との関係を模式的に示す図である。図中の縦軸は空孔濃度 $C_v$ を、横軸は結晶面内の位置を示している。また、同図の左側は面内の中心から外周部までの空孔濃度のバラツキが大きい場合を、同図の右側は空孔濃度が比較的均一になる場合をそれぞれ示している。R-OSFが発生する領域は、限定された範

囲の空孔濃度の部位と一致するのであるから、同図の右側で示すように空孔濃度が面内で均一になる場合には、R-OSFの幅が大きくなる。前述の通り、従来の結晶における面内でのR-OSFの幅は育成された結晶半径の8%以下に抑えられている。これは、従来の育成条件では、結晶の面内での引上げ軸方向での温度勾配が均一でないため、R-OSFが発生する領域と一致する空孔濃度の範囲が育成結晶の半径の8%の範囲内になっていたからである。

【0039】育成条件を改善すること、例えば、単結晶育成装置内のホットゾーンの加熱手段、保温部材等を改善することによって、結晶の面内での引上げ軸方向での温度勾配を均一にして、空孔の取り込み量を面内で均一にする。これにより、R-OSFが生成される空孔濃度の範囲を拡大できるので、これに対応してR-OSFの幅を大きくすることができる。また、R-OSFに近接して外領域に存在する無欠陥領域も、面内での空孔の取り込み量を均一にして、無欠陥領域が生成される空孔濃度の範囲を拡大することによって、その領域を拡大することができる。これによって、先発明のシリコン単結晶で規定する高品質なウェーハを得ることができる。

【0040】しかしながら、上述のように、結晶面内での空孔の取り込み量を均一にすることによって、R-OSFの幅は広げることができるが、育成時における熱履歴の違いに起因して、R-OSFの発生幅が変動する。例えば、育成時の高温部（1100℃～1000℃）の温度領域を徐冷にした場合には、R-OSFの幅は非常に狭いものとなる。一方、育成時の中温部（980℃～900℃）の温度領域を急冷にした場合にも、R-OSFの幅は非常に狭くなることがある。さらに、単結晶の低酸化化ともなっており、R-OSFは明確に現れない場合もある。したがって、先発明のシリコン単結晶による規定のみでは充分でない場合が想定されることから、本発明のシリコン単結晶ウェーハの規定方法を提案している。これによって、ウェーハの結晶面内に発生するR-OSFの幅に拘ることなく、デバイス特性を劣化させる赤外散乱体や転位クラスターといったGrown-in欠陥が発生しない領域を結晶の面内全域に拡大して、デバイス特性の良好な高品質なウェーハを製造することができる。

#### 【0041】

【実施例】本発明のシリコン単結晶ウェーハの品質を評価するため、直径6"φおよび8"φの2寸法を製造し、それぞれに現れるR-OSFの形態および結晶が有する品質特性について調査した。以下、その結果について説明する。

【0042】（実施例1）図1に示す単結晶育成装置を用いて、6"φの単結晶を製造する。ルツボ内に結晶用原料としてシリコンの多結晶60kgを充填し、さらに電気抵抗率が10Ωcmになるようにp型ドーパントとしてボロンを添加する。そして、チャンバー内をAr雰囲気にした

後、ヒーターのパワーを調整して全ての結晶用原料を溶融する。ルツボ内の溶融液が安定した後、種結晶の下端を溶融液に浸漬し、ルツボおよび引上げ軸を回転させつつ単結晶を引き上げる。

【0043】実施例1では、従来の育成条件に比べ、1100℃～1000℃の温度範囲で徐冷になるようにした場合に、R-OSFおよび無欠陥領域の幅、若しくはFPD密度がどのように変化するかを調査することを目的にしている。このため、結晶面内への空孔の取り込み量が均一になるように、結晶面内の温度分布が従来のものよりも改善するとともに、特定の温度範囲で徐冷できるホットゾーンで育成して、引上げ速度の変更実験を行った。

【0044】実施例1の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶を縦割りにして、Cuを塗布し、900℃で熱処理して各欠陥領域を顕在化した後にX線トポグラフ写真を撮影して、R-OSFの形態を調べた。従来の結晶と比較して、R-OSFの幅および無欠陥領域が大きく拡大している。単結晶長さ位置に応じて、R-OSFの幅は最大40mmから6mm程度と変動している。R-OSFが結晶面内で発生しても、R-OSFの外側領域が同様に広がるので転位クラスターは発生しない。さらに、R-OSFが結晶面内で消滅したときにも転位クラスターは生成されなかった。すなわち、本発明のシリコン単結晶ウェーハでは、R-OSFの幅に依存することなく、R-OSFの外径または内径の発生位置を制御することで、Grown-in欠陥の発生を抑制することができる。

【0045】図7は、実施例1の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の分布密度を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。同図から明らかなように、面内でのR-OSFの位置が $r=2/3R$ の場合には、FPD欠陥は結晶の中心部で観察されるが、 $r=1/3R$ にするとFPD欠陥は観察されない。したがって、育成条件を調整してR-OSFの外径や内径の位置を調整することによって、結晶の面内で赤外散乱体（FPD）や転位クラスターのGrown-in欠陥が観察されない結晶を育成することができる。

【0046】図8は、実施例1の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性（TZDB）を調査した結果を示した図である。同図はR-OSFが存在する位置での平均良品率を示しているが、酸化膜厚が25nm、印加条件8M/Vで、R-OSFの位置が $r=1/3R$ でFPD密度が非常に小さい場合には結晶面内のTZDBの良品率は95%以上である。

【0047】（実施例2）実施例2では、点欠陥の取り込み量を均一にするために結晶内の面内の温度分布を従来のものよりも改善し、従来の育成条件に比べ、1100℃～1000℃の温度範囲で徐冷になるように変更した育成炉のホットゾーンで、育成速度をR-OSFの位置が $r=1/3R$ になる育成速度でボディ中はほぼ一定で直径6"φの結晶を育成した場合のR-OSF、析出促進領域あるいは無欠陥領域



の幅が育成条件によってどの様に変化するかを調査した。

【0048】実施例1と同条件でルツボ内の熔融液を安定させてのち、単結晶の育成がシード絞り、ショルダー形成から移行して、ボディへ移ったらヒーターパワーを調整し、当初は上げ速度が速く、R-OSFが外周に発生する条件で所定の結晶長を引き上げる。単結晶の引上げ長さが100mmに達した時点で、R-OSFの面内位置が $r=1/3R$ になる引上げ速度で育成を行い、結晶の部位別にR-OSF、無欠陥領域およびR-OSFの内側領域に生成されるFPD欠陥の挙動について調査した。

【0049】実施例2の方法によって育成されたAs-grown状態の単結晶から加工したウェーハに、Cuを塗布し、900℃で熱処理して各欠陥領域を顕在化した後にX線トポグラフ写真を撮影して、R-OSFの形態およびGrown-in欠陥の状況を調査した。従来の結晶に比べ、R-OSFの幅は細くなっているが酸素析出促進領域あるいは無欠陥領域が大きく拡大していることがわかる。さらに、R-OSFが内側に入っても転位クラスターが生成されていないことを確認した。

【0050】図9は、実施例2の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の分布密度を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。R-OSFの位置が $r=1/3R$ の場合には、FPD欠陥は観察されない。同様に、転位クラスター欠陥も観察されない。すなわち、育成条件を調整してR-OSFの生成位置を制御することによって、結晶の面内で赤外散乱体(FPD、COP)や転位クラスターの密度がきわめて小さな結晶を得ることができる。

【0051】図10は、実施例2の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性(TZDB)を調査した結果を示した図である。酸化膜厚が25nm、印加条件8M/Vで、R-OSFの位置が $r=1/3R$ でFPD密度が非常に小さい場合には結晶面内のTZDBの良品率は95%以上である。

【0052】(実施例3)図1に示す単結晶育成装置を用いて、8"φの単結晶を製造した。ルツボ内に結晶用原料としてシリコンの多結晶120kgを充填し、さらに電気抵抗率が10Ωcmになるようにp型ドーパントとしてボロンを添加する。そして、チャンバー内をAr雰囲気にした後、ヒーターのパワーを調整して全ての結晶用原料を溶融する。ルツボ内の熔融液が安定した後、種結晶の下端を熔融液に浸漬し、ルツボおよび引上げ軸を回転させつつ単結晶を引き上げる。

【0053】実施例3では、従来の育成条件に比べ、980℃～900℃の温度範囲で急冷になるようにした場合に、R-OSFおよび無欠陥領域の幅、若しくはFPD密度がどのように変化するかを調査することを目的にしている。このため、結晶面内への空孔の取り込み量が均一になるように、結晶面内の温度分布が従来のものよりも改善すると

ともに、特定の温度範囲で急冷できるホットゾーンで育成して、引上げ速度の変更実験を行った。

【0054】実施例3の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶を縦割りにして、Cuを塗布し、900℃で熱処理して各欠陥領域を顕在化した後にX線トポグラフ写真を撮影して、R-OSFの形態を調べた。従来の結晶と比較して、R-OSFの幅および無欠陥領域が大きく拡大している。単結晶長さ位置に応じて、R-OSFの幅は最大40mmから4mm程度と変動している。R-OSFが結晶面内で発生しても、R-OSFの外側領域が同様に広がるので転位クラスターは発生しない。さらに、R-OSFが結晶面内で消滅したときにも転位クラスターは生成されなかった。すなわち、本発明のシリコン単結晶ウェーハでは、R-OSFの外径または内径の発生位置を制御することで、Grown-in欠陥が観察されない領域を結晶面内に拡大することができる。

【0055】図11は、実施例3の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるR-OSFの面内位置とFPD欠陥の分布密度との関係を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。R-OSFの位置が $r=2/5R$ の場合には、FPD欠陥は結晶の中心部で観察されるが、 $r=1/3R$ 以下の場合ではFPD欠陥は観察されないことがわかる。したがって、育成条件を調整してR-OSFの外径や内径の面内位置を制御することによって、結晶の面内で赤外散乱体(FPD)密度が従来より著しく減少あるいは観察されなくなるとともに、転位クラスターのGrown-in欠陥も観察されない結晶を育成することができる。

【0056】実施例3の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性(TZDB)を調査すると、前記図10と同様の結果を示し、酸化膜厚が25nm、印加条件8M/Vで、R-OSFの位置が $r=1/3R$ でFPD密度が非常に小さい場合には結晶面内のTZDBの良品率は95%以上であることがわかる。

【0057】(実施例4)実施例4では、直径8"φ結晶のR-OSFの面内位置が $r=1/3R$ になる引上げ速度で育成を行い、R-OSF、無欠陥領域、およびFPD密度が育成条件によってどのように変化するかを調査する。このため、点欠陥の取り込み量を均一にするために結晶内の面内の温度分布を従来のものよりも改善し、さらに従来の育成条件に比べ、980℃～900℃の温度範囲で急冷になるように変更した育成炉のホットゾーンで育成を行った。

【0058】実施例1、実施例3と同条件でルツボ内の熔融液を安定させてのち、単結晶の育成がシード絞り、ショルダー形成から移行して、ボディへ移ったらヒーターパワーを調整し、当初は上げ速度が速く、R-OSFが外周に発生する条件で所定の結晶長を引き上げる。単結晶の引上げ長さが100mmに達した時点で、R-OSFの面内位置が $r=1/3R$ になる引上げ速度で育成長さが1000mmになるまで育成を行い、結晶の部位別にR-OSF、無欠陥領

域、およびR-OSFの内側領域に生成されるFPD欠陥の挙動について調査した。

【0059】実施例4の方法によって育成されたAs-grown状態の単結晶から加工したウェーハに、Cuを塗布し、900℃で熱処理して各欠陥領域を顕在化した後にX線トポグラフ写真を撮影して、従来の結晶と比較して、R-OSFの幅は細いが無欠陥領域が大きく拡大していること、およびR-OSFが結晶面内に発生しても転位クラスターが生成されていないことを確認した。

【0060】図12は、実施例4の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の分布密度を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。R-OSFの位置が $r=1/3R$ の場合には、R-OSFの内側ではFPD欠陥は観察されず、R-OSFの外側では転位クラスター欠陥が観察されなかった。したがって、育成条件を調整することによって、結晶面内で赤外散乱体(FPD、COP)や転位クラスターの密度がきわめて小さな結晶を得ることができる。

【0061】実施例4の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性(TZDB)を調査したが、実施例3の場合と同じく前記図10と同様の結果を示した。すなわち、酸化膜厚が25nm、印加条件8M/Vで、R-OSFの位置が $r=1/3R$ でFPD密度が非常に小さい場合には結晶面内のTZDBの良品率は95%以上であった。

【0062】

【発明の効果】本発明の高品質シリコン単結晶ウェーハによれば、その面内に発生するR-OSFの幅に拘わらず、また結晶が低酸素濃度であってR-OSFが明確に現れない場合であっても、発生位置を制御するとともに、Grown-in欠陥である赤外散乱体や転位クラスターのない領域を拡大することができるので、デバイス特性に優れた半導体材料を供給できる。しかも、本発明の単結晶は結晶の面内に取り込まれる点欠陥の濃度を均一にすることにより育成されるものであるから、その育成に際し大口径化、長尺化が図れ、製造コストの低減、育成能率の向上が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】通常のCZ法による単結晶の育成に用いられている単結晶育成装置の模式的断面図である。

【図2】単結晶育成時の引上げ速度と結晶欠陥の発生位置との一般的な関係を模式的に説明した図である。

【図3】従来の育成条件で育成された8"φの結晶における、R-OSFが発生する半径方向の位置およびR-OSFの幅と転位クラスターの発生状況との関係を模式的に示す図である。

【図4】単結晶の育成途中で引上げ速度を変化させた場合の引上げ速度の変更パターンを示した図である。

【図5】育成途中で引上げ速度を変化させた結晶A、Bにおける熱履歴を示す図である。

【図6】結晶の面内に取り込まれた空孔の濃度分布と生成されるR-OSFの幅との関係を模式的に示す図である。

【図7】実施例1の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるR-OSFの面内位置とFPD欠陥の分布密度との関係を示す図である。

【図8】実施例1の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性(TZDB)を調査した結果を示した図である。

【図9】実施例2の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の分布密度を示す図である。

【図10】実施例2の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性(TZDB)を調査した結果を示した図である。

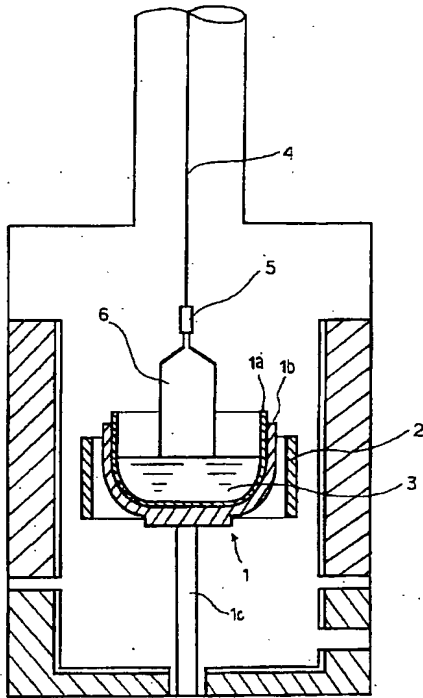
【図11】実施例3の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるR-OSFの面内位置とFPD欠陥の分布密度との関係を示す図である。

【図12】実施例4の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の分布密度を示す図である。

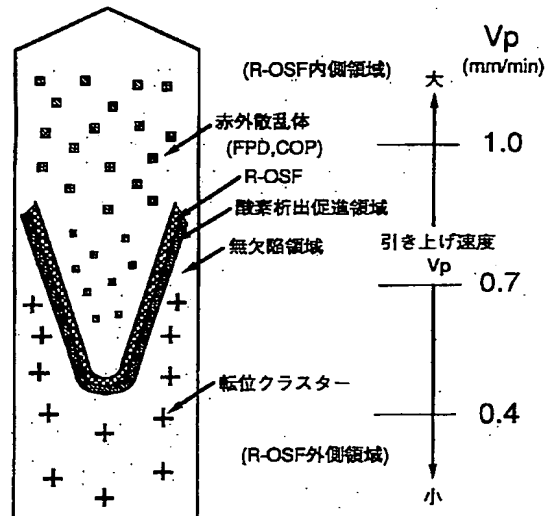
【符号の説明】

- 1：ルツボ、 1a：内層保持容器
- 1b：外層保持容器、 1c：支持軸
- 2：ヒーター、 3：溶融液
- 4：引上げ軸、 5：種結晶
- 6：単結晶

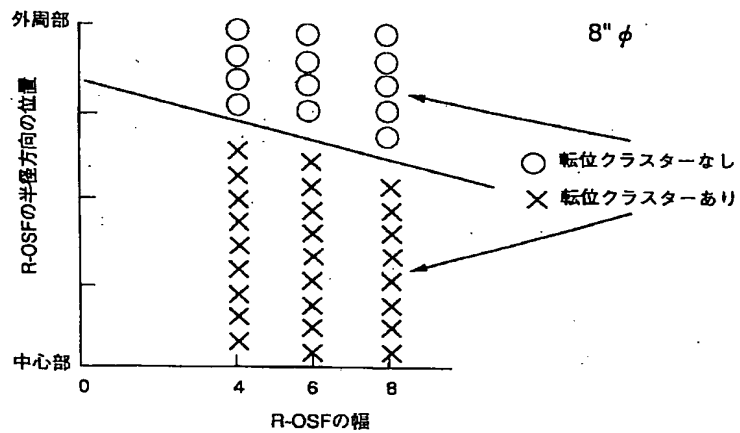
【図1】



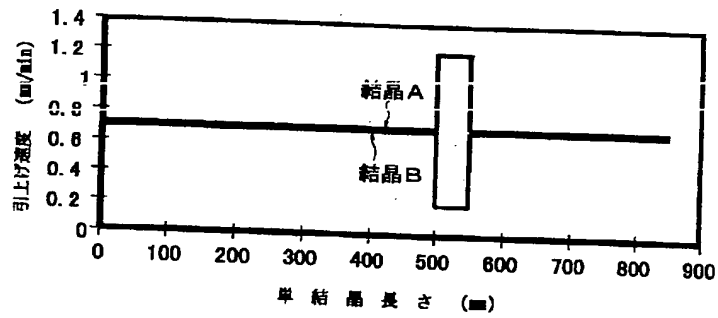
【図2】



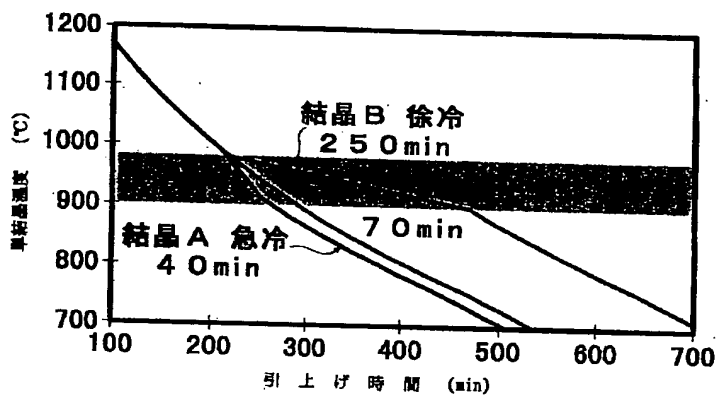
【図3】



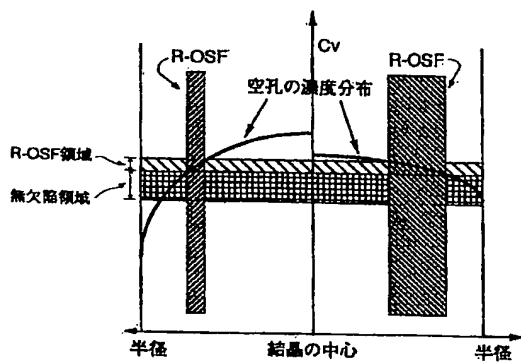
【図4】



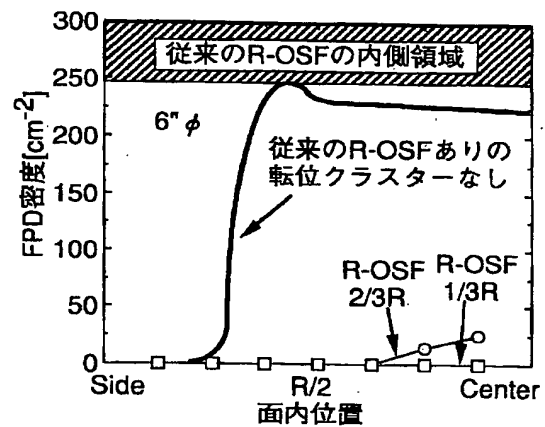
【図5】



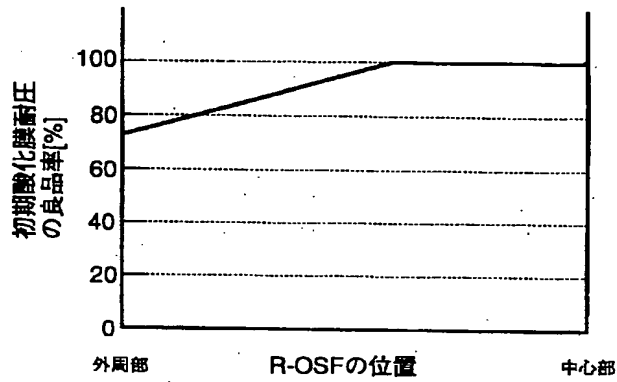
【図6】



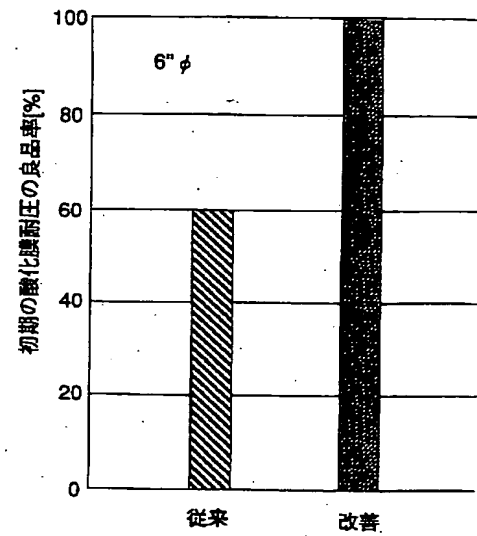
【図7】



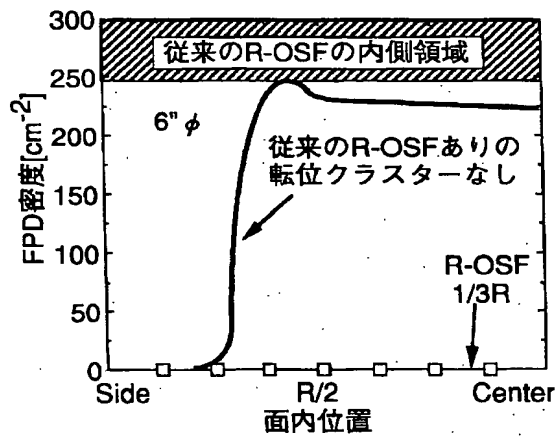
【図8】



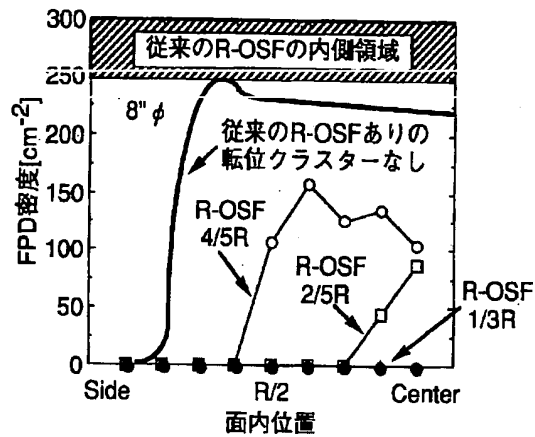
【図10】



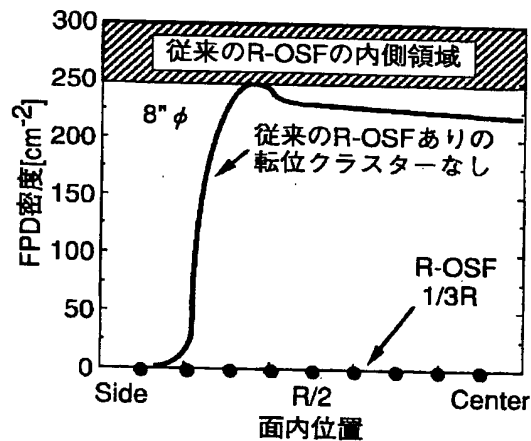
【図9】



【図11】



【図12】



## 【手続補正書】

【提出日】平成10年9月8日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0045】図7は、実施例1の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の密度を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。同図から明らかなように、面内で

のR-OSFの位置が $r = 2/3R$ の場合には、FPD欠陥は結晶の中心部で観察されるが、 $r = 1/3R$ にするとFPD欠陥は観察されない。したがって、育成条件を調整してR-OSFの外径や内径の位置を調整することによって、結晶の面内で赤外散乱体(FPD)や転位クラスターのGrown-in欠陥が観察されない結晶を育成することができる。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0046】図8は、実施例1の方法によって製造された単結晶から加工されたウェーハの初期酸化膜耐圧特性(TZDB)を調査した結果を示した図である。同図はR-OSFが存在する位置での平均良品率を示しており、酸化膜厚が25nm、印加条件8M/Vで、R-OSFの位置が $r=1/3R$ でFPD密度が非常に小さい場合には結晶面内のTZDBの良品率は95%以上である。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0049】実施例2の方法によって育成されたAs-grown状態の単結晶から加工したウェーハに、Cuを塗布し、900℃で熱処理して各欠陥領域を顕在化した後にX線トポグラフ写真を撮影して、R-OSFの形態およびGrown-in欠陥の状況を調査した。従来の結晶に比べ、R-OSFの幅は細くなっているが酸素析出促進領域あるいは無欠陥領域が大きく拡大していることがわかる。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0050】図9は、実施例2の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の密度を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。R-OSFの位置が $r=1/3R$ の場合には、FPD欠陥は観察されない。同様に、転位クラスター欠陥も観察されない。すなわち、育成条件を調整してR-OSFの生成位置を制御することによって、結晶の面内で赤外散乱体(FPD、COP)や転位クラスターの密度がきわめて小さな結晶を得ることができる。

## 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0055】図11は、実施例3の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるR-OSFの面内位置とFPD欠

\* 陥の密度との関係を示す図である。このFPD欠陥の面内密度分布の観察には、セコエッチングを行った。R-OSFの位置が $r=2/5R$ の場合には、FPD欠陥は結晶の中心部で観察されるが、 $r=1/3R$ 以下の場合ではFPD欠陥は観察されないことがわかる。したがって、育成条件を調整してR-OSFの外径や内径の面内位置を制御することによって、結晶の面内で赤外散乱体(FPD)密度が従来より著しく減少あるいは観察されなくなるとともに、転位クラスターのGrown-in欠陥も観察されない結晶を育成することができる。

## 【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【図7】実施例1の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるR-OSFの面内位置とFPD欠陥の密度との関係を示す図である。

## 【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【図9】実施例2の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の密度を示す図である。

## 【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【図11】実施例3の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるR-OSFの面内位置とFPD欠陥の密度との関係を示す図である。

## 【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【図12】実施例4の方法によって育成されたAs-grown状態の結晶におけるFPD欠陥の密度を示す図である。

## 【手続補正書】

【提出日】平成11年2月15日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 チョクラルスキー法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸化誘

起積層欠陥の発生領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に、その内径が育成された結晶の直径の0～33%の範囲にそれぞれ含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【請求項2】 チョクラルスキー法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸素析出促進領域の内径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に、その内側の酸化誘起積層欠陥の発生領域の内径が育成された結晶の直径の0～33%の範囲にそれぞれ含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【請求項3】 チョクラルスキー法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハを熱処理炉内に650℃で投入して、投入後5℃/minで昇温して900℃×20時間で熱処理し、次いで10℃/minで昇温して1000℃×10時間で熱処理を行い、X線トポグラフにて観察した場合に、リング状の酸素析出量が小さい領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に含まれ、かつAs-grown状態のウェーハに900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【請求項4】 転位クラスター欠陥の観察に際し、As-grown状態のウェーハにCuデコレーション熱処理を行なってX線トポグラフにて観察するのに代えて、As-grown状態のウェーハにセコエッチングを行ない、光学顕微鏡を用いて欠陥観察を行うことを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれかに記載の高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正内容】

\*

\* 【0030】 (1)CZ法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、R-OSFの発生領域の外径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に、その内径が育成された結晶の直径の0～33%の範囲にそれぞれ含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】 (2)CZ法によって育成されるシリコン単結晶ウェーハであって、As-grown状態の単結晶から加工したウェーハをCu溶液に浸けて、Cuを付着させ、900℃×20minのCuデコレーション熱処理を行ない、X線トポグラフにて観察した場合に、酸素析出促進領域の内径が育成された結晶の直径の0～80%の範囲に、その内側のR-OSFの発生領域の内径が育成された結晶の直径の0～33%の範囲にそれぞれ含まれ、かつ転位クラスター欠陥がないことを特徴とする高品質シリコン単結晶ウェーハ。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正内容】

【0035】 さらに、R-OSFの発生する外径位置を育成された結晶の直径の0～80%の範囲に規定しているのは、この範囲内であれば、Grown-in欠陥を極端に減少させ、あるいは無くすることができるからである。また、R-OSFの内径位置を $r=1/3R$ 以下、すなわち、育成された結晶の直径の0～33%の範囲に規定しているのは、赤外散乱体(FPD)の密度を著しく低減させることができるからである。

フロントページの続き

(72)発明者 倉垣 俊二

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地住  
友シチックス株式会社内